

Pflanzlicher Sekundärstoffwechsel und Coevolution - Kurzfassung -

Hartmann, Thomas

Veröffentlicht in:
Jahrbuch 1983 der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.19-21



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

Pflanzlicher Sekundärstoffwechsel und Coevolution

– Kurzfassung –

Von **Thomas Hartmann**, Braunschweig

Höhere Pflanzen zeichnen sich durch die Fähigkeit aus, Naturstoffe in ungeheurer Strukturmannigfaltigkeit zu produzieren. Diese Naturstoffe bilden den sogenannten *Sekundärstoffwechsel* der Pflanzen. Während der Primärstoffwechsel die für jede pflanzliche Zelle lebensnotwendigen Grundprozesse umfaßt, ist der Sekundärstoffwechsel für bestimmte Zellen, Gewebe, Organe oder ganze Organismen charakteristisch. Er ist zumindest aus stoffwechselphysiologischer Sicht nicht lebensnotwendig. Man denke an den scharfstofffreien Gemüsepaprika, die fast alkaloidfreien Süßlupinen, um nur zwei Beispiele für Pflanzenarten zu nennen, bei denen artspezifische Sekundärstoffe „weggezüchtet“ wurden. Mehr als $\frac{4}{5}$ aller derzeit bekannten Naturstoffe wurden aus Pflanzen isoliert. Ihre Gesamtzahl dürfte 18.000 definierte Strukturen übersteigen. Die meisten dieser Verbindungen lassen sich auf wenige biogenetisch verwandte Stoffklassen, wie Terpene und Steroide, Acetogenine, Flavonoide, Alkaloide und andere aus dem Aminosäurenstoffwechsel abzuleitende N-haltige Naturstoffe zurückführen. Die Frage nach der Funktion und Bedeutung des Sekundärstoffwechsels ist trotz seiner quantitativ so hervorragenden Stellung umstritten und unbefriedigend beantwortet. Man betrachtet Sekundärstoffe häufig als „Schlacken“ oder „Endprodukte“ des Stoffwechsels und ihre gewebespezifische Ablagerung in Exkretzellen oder Behältern als „innere Sekretion“. Sie werden betrachtet als Ausdruck eines „luxuierenden Stoffwechsels“ der autotrophen Pflanze (K. Mothes) oder als zufällige Produkte, entstanden auf der „Spielwiese der Evolution“ (H. Zähler). Eine spezifische Funktion wird den Sekundärstoffen abgesprochen, oder auf eine gelegentliche „sekundäre Funktion“ als Fraßschutz (Alkaloide, Scharfstoffe, Bitterstoffe, Gifte) gegen herbivore Tiere oder Mikroorganismen bzw. Lockstoffe (Blütenduft, Farbe etc.) beschränkt.

Gerade für die zuletzt genannte Funktion des Sekundärstoffwechsels im Wechselspiel der Organismen mehren sich in den letzten Jahren experimentelle Belege und Argumente, obwohl das Phänomen bereits vor etwa 100 Jahren erkannt wurde (E. Stahl).

Es wird ein Konzept vorgestellt, das Primär- und Sekundärstoffwechsel als zwei funktionelle Ebenen beschreibt:

PRIMÄRSTOFFWECHSEL

| |
|--|
| Wachstum und Entwicklung des Individuums |
|--|

| | |
|----------------------------|---------------|
| Charakteristik: universell | konservativ |
| uniform | unentbehrlich |

SEKUNDÄRSTOFFWECHSEL

Wechselwirkung des Individuums mit seiner Umwelt

Charakteristik: singular
 vielfältig
 adaptiv
 entbehrlich für Wachstum und Entwicklung
 unentbehrlich für Existenz und Fortbestand im Ökosystem.

Dabei umfaßt die Ebene des Sekundärstoffwechsels alle Stoffe und Prozesse, die zu ihrer Bildung führen, die zwar für die Funktion der isoliert betrachteten Pflanze entbehrlich, jedoch für die Existenz der Pflanze in ihrer natürlichen Umwelt unerlässlich sind. Der artspezifische Sekundärstoffwechsel stellt im Falle der höheren Pflanze, von wenigen Ausnahmen abgesehen (Lockstoffe und -farben im Dienste der Insektenbestäubung und Zoochorie), das dem Immunsystem der höheren Tiere analoge Abwehrsystem der Pflanze dar. Dieses chemische Abwehrsystem, das der ortsfesten Pflanze die Koexistenz mit herbivoren Tieren und heterotrophen Mikroorganismen ermöglicht, wurde im Verlaufe der Evolution der Organismen im gegenseitigen Wechselspiel (Coevolution) optimiert. Aus biochemischer Sicht besteht zwischen einem Primärstoffwechselweg (z. B. einer Aminosäurebiosynthese) und einer Naturstoffbiosynthese (z. B. einer Alkaloidbiosynthese) kein Unterschied. Der Unterschied liegt allein in der Funktion. Da das Alkaloid im Gegensatz zur Aminosäure keine erkennbare Stoffwechsel-physiologische Funktion erfüllt, eine ökologische Bedeutung jedoch nicht berücksichtigt wurde, sprach man in der Vergangenheit einfach von einem nutzlosen Neben- oder Endprodukt des Stoffwechsels. Einige wesentliche Argumente sollen das dargelegte Konzept punktuell begründen:

1. Abwehrstrategien:

Die höhere Pflanze kann attackierende Fraßfeinde überaus wirksam chemisch abwehren. Es lassen sich wenigstens drei Strategien anführen.

a) Induzierte Abwehr

Die Attacke eines Angreifers wird durch eine rasche Synthese von Abwehrstoffen beantwortet. Beispiele sind die Bildung der sogenannten Phytoalexine nach Angriff von Mikroorganismen oder die Bildung von Proteinaseinhibitoren nach Verletzung, z. B. durch Raupenfraß.

b) Konstitutive Abwehr

Toxische Verbindungen (Alkaloide, Terpene, Saponine, Gerbstoffe etc.) werden in Exkretzellen, Exkretbehältern oder Exkretgängen angehäuft. Sie werden bei Verletzung ausgeschüttet und töten bzw. schrecken den Angreifer ab.

c) Chemische Zeitzündler

Bestimmte Abwehrstoffe werden in Form stabiler, aber leicht spaltbarer Stoffe abgelagert. In benachbarten Zellen oder Gewebeschichten sind Enzyme angehäuft, die aus diesen Verbindungen hochtoxische Spaltprodukte freisetzen. Die Freisetzung geschieht explosionsartig nach Verletzung. Beispiele sind die Bildung von Blausäure aus cyanogenen Glykosiden von Senfölen aus Senfölglykosiden und von Phenolen aus Phenolglykosiden.

An den genannten Mechanismen der chemischen Abwehr sind Verbindungen aus allen Naturstoffklassen beteiligt.

2. Bau- und Funktionseigentümlichkeiten der Pflanze

Die unter 1. genannten Abwehrstrategien sind nur verständlich, wenn man sich die Organisation der Pflanze vergegenwärtigt. Die Pflanze kann im Gegensatz zum Tier vor Feinden nicht weglaufen, sie wehrt sie physisch (Dornen, Stacheln, harte Samenschalen, starke Rinde) oder wie gezeigt chemisch ab. Da die Pflanze offenes Wachstum und fast unbegrenztes Regenerationsvermögen besitzt, können einzelne Blätter, Zweige und Seitenwurzeln dem Angreifer geopfert werden. Die Abwehr kann graduell und muß nicht wie beim Tier absolut sein.

3. Sekundärstoffwechsel umfaßt optimierte Prozesse

Sekundärstoff-Biosynthesen sind biochemisch betrachtet hochdifferenzierte und koordinierte Reaktionsabläufe, die zu Produkten führen, die in der Regel in einer hohen stationären Konzentration gehalten werden. Hierzu sind ebenso hochentwickelte Speicher- und Ablagerungsräume, die die Akkumulation gewährleisten, entwickelt worden. Viele Sekundärstoffe unterliegen einem stetigen kontrollierten Umsatz, werden in der Pflanze transportiert und in bestimmten Zielgeweben konzentriert. Von Stoffwechselschlacken oder Zufallsprodukten zu sprechen, ist zur Charakterisierung von sekundären Pflanzenstoffen heute nicht mehr zulässig. Ein komplexer Prozeß, wie eine Sekundärstoff-Biosynthese ist nur durch Darwin'sche Selektion vorstellbar. Diese wiederum ist erklärbar unter dem Druck der im Wettstreit stehenden Organismen. Beispiel: Die Süßlupine ist im Labor und auf dem Felde durchaus lebensfähig, in der freien Wildbahn in Konkurrenz zur alkaloidreichen Bitterlupine jedoch in kürzester Zeit durch herbivore Tiere ausgemerzt.